

ния в ответвлениях (R_B , R_{II}) и в канале после тройника на слиянии (R_C) определены по данным численного расчета. На рис. 3 показаны линии изменения значений КМС ζ^{Π} и ζ^B в зависимости от соотношения расходов G_B/G_C .

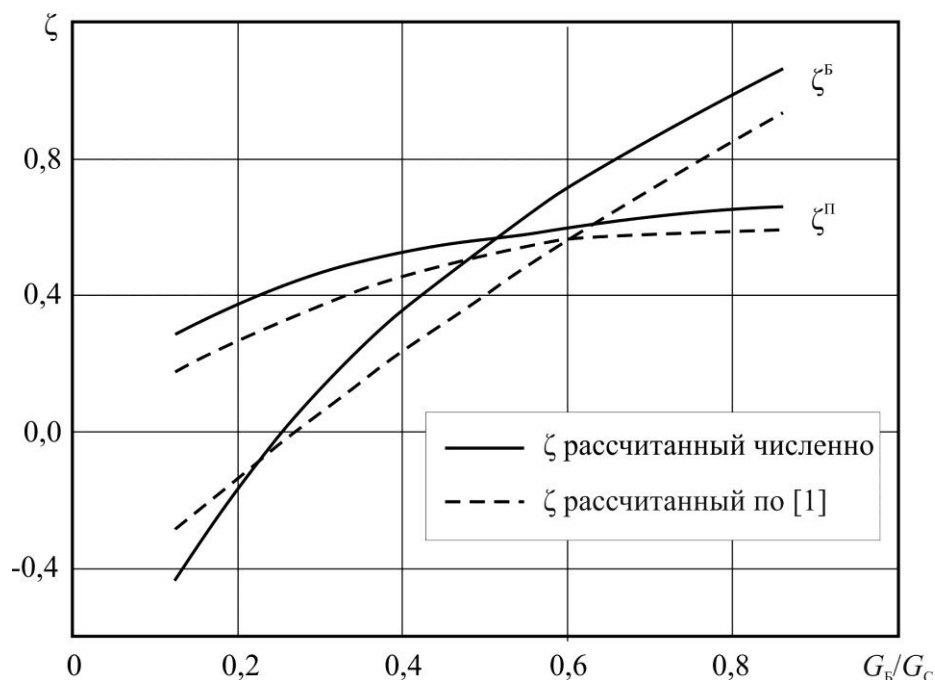


Рис. 3. Зависимость ζ от G_B/G_C

Здесь же нанесены линии, построенные по данным [1]. Видно некоторое отличие в большую сторону, но как количественно, так и качественно хорошее соглашение численных и экспериментальных результатов.

Список литературы

1. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.

УДК 504.064.4

Головин А. А., Куликова Е. А.
Уральский государственный университет путей сообщения,
AlGolovin1993@mail.ru, kulikova.elena@mail.ru

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ САПР

Состояние электрических сетей – один из важнейших показателей уровня развития электроэнергетики страны. На сегодняшний день в России более 50 % оборудования электрических сетей выработало расчетный ресурс, хотя еще сохраняет достаточную работоспособность. Ухудшение технического состояния

электрических сетей – одна из основных причин роста повреждений воздушных линий электропередачи (ЛЭП) и силового оборудования подстанций. Реконструкция и модернизация электрических сетей требует огромных затрат различных видов ресурсов, поэтому актуальной остается задача выбора оптимального варианта проектирования линии с заданной степенью надежности.

Надежность работы ЛЭП зависит от качества процессов проектирования, выполнения строительно-монтажных работ, ввода в действие, эксплуатации в различных режимах и атмосферно-климатических условиях [1].

Метеорологические факторы (гололедообразование, ветер и температура воздуха) влияют на безаварийность работы ЛЭП. Гололедно-ветровые аварии сопровождаются многочисленными обрывами проводов и тросов, поломкой опор, массовыми отключениями воздушных линий всех классов напряжения и нарушением электроснабжения потребителей с соответствующим ущербом.

Основными повреждениями металлических опор, наиболее широко применяемых для ЛЭП, являются разрывы из-за механических перегрузок, вызванных ошибками проектирования и монтажа; деформации от наездов, ударов посторонними предметами; хрупкие разрушения при низких температурах, коробление и потеря несущей способности при повышенной температуре; разрушения из-за коррозии.

При эксплуатации опор высоковольтных ЛЭП отказы возникают при хрупком разрушении, когда нагрузка точек подвеса превышает прочность; усталостном разрушении, когда циклическая нагрузка не превышает прочность. Причем, во втором случае нагрузка может быть меньше предела упругости.

Использование моделирования на этапе проектирования позволяет прогнозировать большинство этапов жизненного цикла технического объекта, а также существенно минимизировать ресурсозатраты проектировщика.

Основные достоинства САПР – быстрое выполнение поставленной задачи, повышение точности и качества проекта, ускорение расчетов и процедуры анализа при проектировании, сокращение затрат на усовершенствование.

Программное обеспечение для моделирования систематически совершенствуется с целью улучшения характеристик объекта исследования на раннем этапе разработки.

Компьютерное моделирование помогает проектировщикам понять, какие решения возможны для оптимизации проекта, сокращает и заменяет дорогостоящий длительный процесс создания физических моделей и их тестирования, значительно снижает затраты на разработку продукта.

Этап конструирования предполагает объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ на расчетных моделях высокого уровня, оценку проектных решений, выполнение чертежей.

В зависимости от функциональных возможностей, набора модулей и структурной организации, системы проектирования условно разделяют на три группы: легкие, средние и тяжелые системы.

Рассмотрим расчет работы промежуточной опоры ЛЭП 500 кВ типа Р1 (рис. 1) с помощью CAD системы среднего класса – программного продукта *Solid Works 2013 Premium* [2].

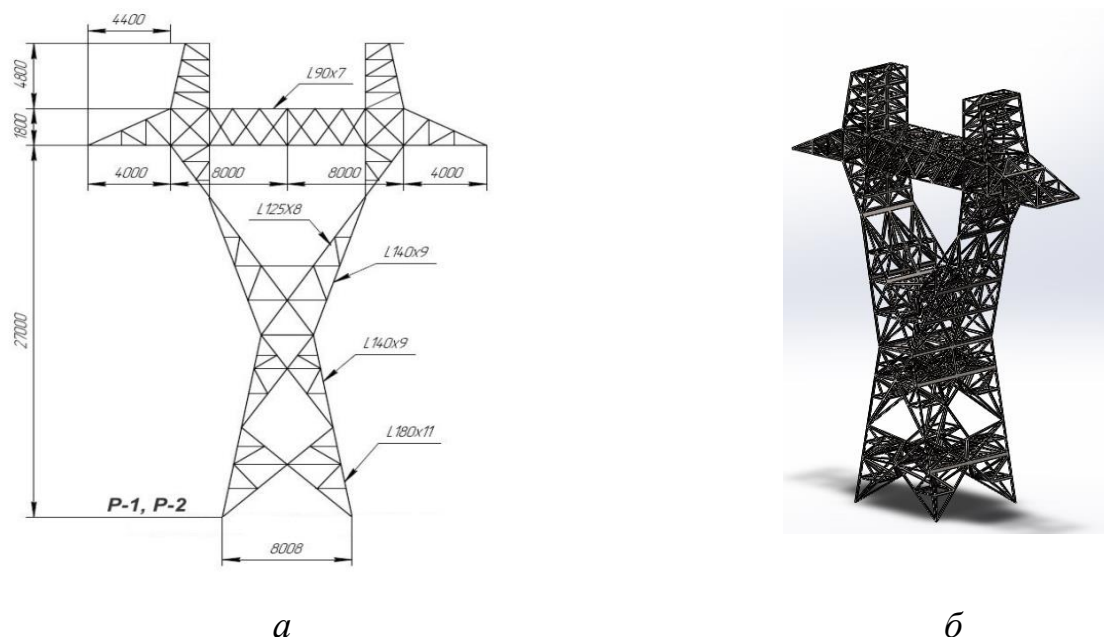


Рис. 1. Опора ЛЭП 500 кВ типа Р1: а – типовые размеры; б – модель в *Solid Works*

Для создания модели выполняется эскиз детали на плоскости, которой далее придается объем. Аналогично создаются металлические распорки.

После создания опоры Р1 можно переходить непосредственно к механическим испытаниям. Для этого в дополнительном модуле инженерного анализа *Simulation* нагружаем опору в точках крепления подвесных изоляторов силами, равными по значению весу проводов расщепленной фазы. По итогам испытаний получаем эпюру напряжений со шкалой распределения нагрузок (рис. 2).

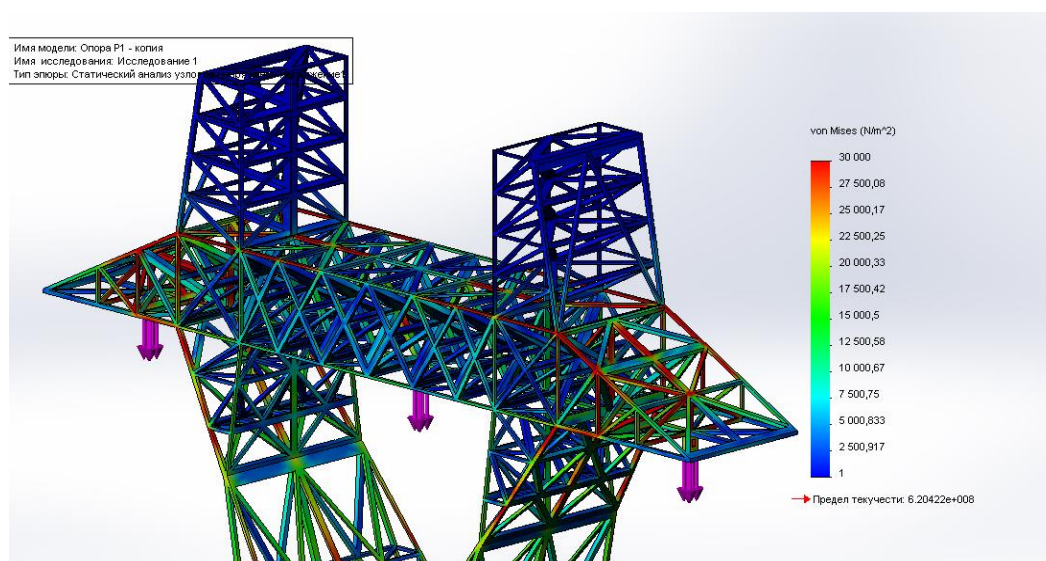


Рис. 2. Результаты механических нагрузок и шкала распределения нагрузок

По итогам испытаний, проводимых в научно-исследовательской лаборатории «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» Уральского государственного университета путей сообщения (НИЛ САПР КС) [3], сделан вывод о том, что нагрузки не превышают предел текучести материала. Следовательно, промежуточные свободностоящие опоры Р1 вполне справляются со своими функциями поддерживающей конструкции. Это пример выбора оптимального варианта линии с заданной степенью надежности на ранних этапах проектирования.

Программный продукт *Solid Works* содержит все необходимые инструменты для моделирования и проведения термических и механических испытаний элементов ЛЭП; анализа различных материалов и прогнозирования их поведения под теми или иными нагрузками при воздействии внешних факторов; отработки новых конструктивных решений; проведения простейших испытаний без создания опытного образца и использования дорогостоящих испытательных лабораторий.

При проектировании любого устройства электроэнергетики необходимо создать объект с наибольшим временем наработки до отказа. Чем надежнее система, тем меньше вероятность отказа, как отдельного ее элемента, так и всей системы. Уменьшение риска отказа приводит к уменьшению вложений финансовых ресурсов в реконструкцию данного объекта и, как следствие, объект за весь срок службы приносит больший экономический эффект.

Таким образом, применение САПР *Solid Works* при проектировании различных объектов электроэнергетики позволяет существенно сократить время разработки элемента, а также обойтись без создания для испытаний дорогостоящей физической модели объекта, т. е. решает задачу ресурсосбережения на этапе проектирования.

Список литературы

1. Высшая математика, физика, теория электрических цепей, механизмов и машин [Электронный ресурс]. URL: <http://fizses.ru> (дата обращения: 11.10.2014).
2. *Solid Works Russia*: Официальный русскоязычный сайт программных продуктов. URL: <http://www.solidworks.ru> (дата обращения: 11.10.2014).
3. Лаборатория САПР КС УрГУПС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sapr-ks.usurt.ru> (дата обращения: 10.10.2014).

УДК 697.34

Горшков Е. И., Левин Е. И., Микула В. А.
Уральский федеральный университет,
tes.urfu@mail.ru

ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ МИКРОРАЙОНА Г. НИЖНИЙ ТАГИЛ

Согласно Федеральному закону от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении», организация развития систем теплоснабжения должна произво-